

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3875047号
(P3875047)

(45) 発行日 平成19年1月31日(2007.1.31)

(24) 登録日 平成18年11月2日(2006.11.2)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 L 21/66 (2006.01) HO 1 L 21/66 P
 HO 1 L 21/3065 (2006.01) HO 1 L 21/66 Q
 HO 1 L 21/302 1 O 5 Z

請求項の数 6 (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2001-190277 (P2001-190277)</p> <p>(22) 出願日 平成13年6月22日 (2001.6.22)</p> <p>(65) 公開番号 特開2003-7790 (P2003-7790A)</p> <p>(43) 公開日 平成15年1月10日 (2003.1.10)</p> <p>審査請求日 平成15年1月31日 (2003.1.31)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000005049 シャープ株式会社 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号</p> <p>(73) 特許権者 599174214 舩岡 富士雄 宮城県仙台市青葉区八幡三丁目9-14-901</p> <p>(74) 代理人 100065248 弁理士 野河 信太郎</p> <p>(72) 発明者 遠藤 哲郎 宮城県名取市ゆりが丘5丁目8-6</p> <p>(72) 発明者 舩岡 富士雄 宮城県仙台市青葉区東勝山2-33-18</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 半導体基板の面方位依存性評価方法及びそれを用いた半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板面の面方位が(100)である一導電型の半導体基板上にハードマスクを形成する工程と、該ハードマスクをマスクとして前記半導体基板に対して垂直方向に反応性イオンエッチングによる異方性エッチングを(100)面が出現する深さまで行って、出現した(100)面の少なくとも一部を面方位の評価に用いる工程とを備えてなることを特徴とする一導電型半導体基板の面方位依存性評価方法。

【請求項2】

前記半導体基板が、ダイヤモンド結晶構造を有することを特徴とする請求項1に記載の一導電型半導体基板の面方位依存性評価方法。

【請求項3】

前記ハードマスクの形状が、円形もしくは対称性を有する多角形であることを特徴とする請求項1又は2に記載の一導電型半導体基板の面方位依存性評価方法。

【請求項4】

基板面の面方位が(100)である一導電型の半導体基板上にハードマスクを形成し、該ハードマスクをマスクとして前記半導体基板に対して垂直方向に反応性イオンエッチングによる異方性エッチングを(100)面が出現する深さまで行って、出現した(100)面の少なくとも一部をデバイス形成用の面に用いたことを特徴とする半導体装置。

【請求項5】

半導体基板に垂直方向に異方性エッチングを行なって形成された(100)面の少なく

とも一部を特定の結晶基準方位として用いたことを特徴とする請求項4に記載の半導体装置。

【請求項6】

前記ハードマスクの形状が、円形もしくは対称性を有する多角形であることを特徴とする請求項4又は5に記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体基板の面方位依存性評価方法及びそれを用いた半導体装置に関し、より詳細には、結晶方位の揃った面を原理的にずれなく発生させ、同一ウェハー上で少なくとも一種類以上の面方位を得るための半導体基板の面方位依存性評価方法及びその評価結果をもとにシリコンの面方位依存性を応用した半導体装置に関する。

10

【0002】

【従来の技術】

結晶シリコンの物性において面方位は重要な要素である。特に、シリコン表面上に形成される熱酸化膜の成長速度に対して面方位は大きな影響を与えている。具体的には、シリコン基板の表面の面方位が(100)の場合において、酸化速度が最も遅く、次いで(111)、(100)の順に速くなる。すなわち、面方位が揃っていなければ、熱酸化膜の膜厚は一定でなくなる。

【0003】

公知のMOSFETなどのようにゲート酸化膜がシリコンウェハー表面上にのみ形成される場合は何ら問題ないが、ゲート酸化膜が3次元的に配置されるデバイス、例えば、図16に示すトレンチ型の縦型パワーMOSFETなどにおいてはゲート酸化膜の膜厚を均一にすることが重要で、絶縁耐量低下領域を除外するために、デバイスの基板上での配置を工夫してゲート酸化膜が形成される領域の面方位をすべて同じにする試みがなされている(特開平10-154810号公報)。

20

【0004】

このように、シリコン基板表面への熱酸化膜形成において、基板の面方位依存性は重要な要素である。言い換えれば、基板そのものの面方位の評価が重要である。このような基板の面方位依存性を評価する方法として、一般的には面方位の異なるウェハーを別途用意し、熱酸化を行うことにより、評価していた。

30

【0005】

また、半導体装置を製造するにあたっては、マスクの位置合わせ用基準パターンが形成され、その基準パターンに次工程のフォトマスクの位置合わせマーク用パターンを合わせるが、この基準パターンは、シリコンウェハーのオリエンテーションフラットもしくはノッチ(ウェハー周辺部に形成されたV字型の切れ込み)を基準として形成されている。なお、上述のオリエンテーションフラットやノッチは、ウェハーの製作時にウェハーの外周部の一部分をある結晶方位に切断して、公称の基準面として設けられたものである。

【0006】

以下の説明では、このパターンングでは、オリエンテーションフラットを設けたシリコンウェハーを例にとって説明する。

40

【0007】

(100)面のシリコンウェハーに設けられたオリエンテーションフラットは、公称(110)面であり、シリコンウェハー表面(100)とオリエンテーションフラット(110)との間の稜は<110>方位であるが、その精度は、通常、真の結晶方位に対して約±2°である。

【0008】

つまり、オリエンテーションフラットとフォトマスクとが正確に位置合わせされていたとしても、実際はフォトマスクの位置合わせマークと真の結晶方位とでは最大で2°のずれが生じることになり、シリコンウェハーごとにそのずれ量がばらつくという問題がある。

50

【0009】

このような位置ずれをなくすために、オリエンテーションフラットのカットラインを結晶方位合わせの基準線として用いず、他の手段によって精度よくシリコンウェハの結晶学的基準方位を決めるフォトマスク位置合わせ方法が、特開平7-283117号公報で開示されている。この方法を図17に基づいて説明する。

【0010】

この方法では、まず、(a)互いに離れた位置に2つの円形開口70、71を有するパターン72を(100)面のシリコンウェハ上に形成する。このとき、パターン72の円形開口70、71の中心同士を結ぶ直線とシリコンウェハの公称<110>方位を示すオリエンテーションフラットとがほぼ平行になるように、パターンを形成する。

10

【0011】

その後、水酸化カリウム(KOH)水溶液などのアルカリ溶液による異方性エッチングを行うと、それぞれの円形開口70、71を中心にして四角錐形のエッチピットが加工される。このエッチピットはシリコンウェハ上面では<110>方位の四辺からなる正方形となる。

【0012】

次に、(b)このようなエッチピットをもつシリコンウェハと、シリコンウェハの真の<110>方位を求めるフォトマスクとを合わせる。

【0013】

このフォトマスク78には、該マスクの位置合わせのためのマーク線をまたいで、正方形の窓76と長方形の窓77とが設けられている。これらの窓76、77は、(a)に示すパターンと同じく、離れた位置にあり、また、窓の短い方の辺は、エッチピットの辺の間隔よりも狭いものである。

20

【0014】

その後、(c)シリコンウェハとフォトマスク78とを、エッチピット74、75の辺とそれぞれの窓76、77の辺が平行になるように位置合わせする。これにより、フォトマスク78の位置合わせマーク線がシリコンウェハの真の<110>方位80をさすことになる。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上述したように種々の面方位を有する各シリコンインゴット単結晶からウェハを切り出した後に、面方位の異なるウェハを予め用意して、熱酸化膜の面方位依存性を評価する場合は、そのインゴットのロット内の不純物濃度などが少なくとも規格範囲内で異なることになり、精度が低い面方位の評価方法となる。

30

【0016】

また、アルカリ溶液による異方性エッチングで、位置合わせパターン70、71について<110>方位に配向した面を出現させ、正確なフォトマスクの位置合わせが実現したとしても、位置合わせパターンにおいて合わせられたものに過ぎない。そして、ショット内におけるシリコンウェハのねじれ、反りなどにより、面方向を揃える必要のある面方位依存性評価パターンあるいは実デバイスパターンにおいては、必ずしも合っているとは言えない。つまり、間接的に合わせているにすぎない。

40

【0017】

さらに、面方位依存性パターンやデバイスパターンにおいて、アルカリ溶液による異方性エッチングを適用し、直接的に特定の結晶方位に配向した面を出現させる場合には、四角錐状に形成されるエッチピットの形状が問題になる。

【0018】

すなわち、(100)面のシリコンウェハに対し水酸化カリウム(KOH)溶液中でエッチングすると、溶解速度の極めて遅い(111)面を残すため、シリコンウェハに形成されるエッチピットは約55°の角度をもったV字型の溝形状になる。これは、結晶方位基準パターンとしては構わないが、面方位依存性評価及び実デバイスへの適用を考慮し

50

た場合には用い難い形状となり、少なくとも、先のトレンチ型の縦型パワーMOSFETにおけるトレンチ形成工程には適用できない。

【0019】

また、シリコンウェハに形成されるエッチピットを垂直な側壁を有する溝形状にするためには、ウェハ表面が(110)面である特殊なシリコンウェハを用いる必要があり、主流である(100)面のシリコンウェハを前提に構築されたプロセスフローに対して適用困難となる。

【0020】

以上の理由により、同一ウェハ上で異なる面方位の特性を正確にかつ容易に評価する手法が望まれていた。

10

【0021】

本発明の第1の目的は、同一半導体ウェハ上で少なくとも1種類以上の面方位依存性、特に熱酸化膜形成における面方位依存性を正確にかつ容易に評価する方法を提供することにある。

【0022】

また、本発明の第2の目的は、(100)面半導体ウェハ上で結晶学的基準方位を得るためのパターンの基本的な製造方法を提供することにある。

【0023】

さらに、本発明の第3の目的は、デバイスとして適用しやすい、面方位の揃った角柱状トレンチを自己整合的に得る方法を提供することにある。

20

【0024】

本発明の1つの観点によれば、基板面の面方位が(100)である一導電型の半導体基板上にハードマスクを形成する工程と、該ハードマスクをマスクとして前記半導体基板に対して垂直方向に反応性イオンエッチングによる異方性エッチングを(100)面が出現する深さまで行って、出現した(100)面の少なくとも一部を面方位の評価に用いる工程とを備えてなることを特徴とする一導電型半導体基板の面方位依存性評価方法が提供される。

【0025】

このような、基板面の面方位が(100)である一導電型の半導体基板上にハードマスクを形成して、該ハードマスクをマスクとして行った異方性エッチングにより、ピラーもしくはトレンチを形成した際に、下部に出現する特定の結晶方位に配向した面である(100)面の少なくとも一部を半導体基板の面方位依存性評価に用いることで、同一ウェハ上で少なくとも1種類以上の面方位依存性を同時にかつ容易に評価することができ、また、高い精度の測定結果が期待される。

30

【0026】

本発明の別の観点によれば、基板面の面方位が(100)である一導電型の半導体基板上にハードマスクを形成し、該ハードマスクをマスクとして前記半導体基板に対して垂直方向に反応性イオンエッチングによる異方性エッチングを(100)面が出現する深さまで行って、出現した(100)面の少なくとも一部をデバイス形成用の面に用いたことを特徴とする半導体装置が提供される。

40

【0027】

このような、基板面の面方位が(100)である一導電型の半導体基板上にハードマスクを形成して、該ハードマスクをマスクとして行った異方性エッチングにより、ピラーもしくはトレンチを形成した際に、下部に出現する特定の結晶方位に配向した面である(100)面の少なくとも一部を半導体基板に用いることで、例えば面方位が完全に一致した柱状トレンチを容易に作成することができ、面方位を合わせ込む手間の削減、さらには信頼性の向上が期待される。

【0028】

【発明の実施の形態】

本発明の目的を達成するために、例えば、シリコン基板(100)上に円形ドットパター

50

ンのハードマスクを形成し、反応性イオンエッチングにより円形状のシリコンピラーを形成する。エッチング量が少ない場合、シリコンピラーはハードマスクの形状に沿って円柱状になるが、エッチング量が多くなるにつれて下部に(100)面が出現し、角柱状になる。この(100)面が出現した角柱状シリコンピラーを面方位の評価及び半導体装置(デバイス)に用いる。

【0029】

すなわち、本発明の1つの観点における面方位依存性評価方法によれば、半導体基板上に形成される熱酸化膜の面方位依存性評価を行う際、この(100)面が出現した角柱状ピラーを用いると、(100)面が出現した角柱の角は(110)面に相当する。このことから、この角柱状ピラーに熱酸化膜を形成することによって(100)面と(110)面

10

【0030】

また、本発明の1つの観点における面方位依存性評価方法によれば、前述したアルカリ溶液による異方性エッチングにより形成される面方位基準パターンと同様に、この(100)面が出現した角柱状ピラーを、精度よくウェハの結晶学的基準方位を決めるフォトマスクの位置合わせの基準として用いることが可能になる。

【0031】

さらに、本発明の別の観点における半導体装置によれば、半導体基板(100)に円形ホールパターンのハードマスクを形成し、反応性イオンエッチングを行うと、円柱状のトレンチが形成されるが、エッチング量が多くなるにつれて、下部に特定の結晶方位に配向した面が出現し角柱状になる。このことから、上部の円柱状トレンチ領域を例えば公知の化学機械的研磨(CMP)技術などにより除去することによって、デバイスとして適用しやすい面方位のそろったトレンチ形状を自己整合で得ることが可能になる。

20

【0032】

本発明の1つの観点における面方位依存性評価方法の前記異方性エッチングのエッチング量としては、前記ハードマスクの大きさに対し、少なくとも数倍以上の深さにするのが好ましい。エッチング量がこの程度の深さになれば、ピラーの下部に(100)面が出現して角柱状になることが充分確実であり、この(100)面が出現した角柱状ピラーを面方位の評価にいっそう確実に用いることができる。

【0033】

本発明の1つの観点における面方位依存性評価方法の前記半導体基板としては、ダイヤモンド結晶構造を有することが好ましい。ダイヤモンド結晶構造を有したシリコン材料で、上記の作用を奏することができることを実験的に確かめたからである。この作用は、同じダイヤモンド結晶構造を有する材料であれば、シリコン以外にも、ゲルマニウム、ダイヤモンド等により示される。

30

【0034】

本発明の1つの観点における面方位依存性評価方法の特定の結晶方向に配向した面は、(100)面であるのが好ましい。このように、特定の結晶方向に配向した面が(100)面であるときには、この(100)面が出現した角柱状ピラーを用いると、(100)面が出現した角柱の角は(110)面に相当する。このことから、この角柱状ピラーに熱酸化膜を形成することによって(100)面と(110)面との上に形成される熱酸化膜を同時にかつ容易に観測することが可能になる。

40

【0035】

本発明の1つの観点における面方位依存性評価方法の前記ハードマスクの形状は、円形もしくは対称性を有する多角形 例えば正八角形や正方形、長方形など であるのが好ましい。前記ハードマスクがこのような形状であると、次のエッチングをより均一にかつ効率よく行うことができる。

【0036】

また、本発明の別の観点における半導体装置は、その特定の結晶方向に配向した面が(100)面であるのが好ましい。このように、特定の結晶方向に配向した面が(100)面

50

であるときには、この(100)面が出現した角柱状ピラーを用いると、(100)面が出現した角柱の角は(110)面に相当する。このことから、この角柱状ピラーに熱酸化膜を形成することによって(100)面と(110)面との上に形成される熱酸化膜を同時にかつ容易に観測することが可能になる。

【0037】

本発明の別の観点における半導体装置は、特定の結晶方位に配向した面の少なくとも一部を特定の結晶基準方位として用いたものであるのが好ましい。このように特定の結晶方位に配向した面の少なくとも一部を特定の結晶基準方位として用いたときには、例えば(100)面が出現した角柱状ピラーを、精度よくウェハーの結晶学的基準方位を決めるフォトマスクの位置合わせの基準として用いることが可能になる。

10

【0038】

本発明の別の観点における半導体装置は、前記ハードマスクの形状が円形もしくは対称性を有する多角形であるのが好ましい。前記ハードマスクがこのような形状であると、次のエッチングをより均一にかつ効率よく行うことができる。

【0039】

以下に、本発明の半導体基板の面方位依存性評価方法及びそれを用いた半導体装置の実施例を図面に基づいて説明する。なお、本発明はこれによって限定されるものではない。

【0040】

図15(a)には、一導電型のシリコン基板10の平面図が示されている。また、図15(b)には、シリコン基板10内に、特定の結晶方位に配向した面を有するシリコンピラーもしくはシリコントレンチを形成する領域SP(Silicon Pillar)が示されている。なお、本実施例の工程断面図においては、特に表記しない限り、各断面図は、図15(b)のX0-X0'方向における断面を表す。

20

【0041】

特定の結晶方位に配向した面を有するシリコンピラーをずれなく自己整合的に得るための具体的な製造工程例を、図1～図5に基づいて説明する。

【0042】

まず、基板面が(100)面であるシリコン基板10の表面に、必要に応じて、パッド酸化膜としての5～20nm程度の熱酸化膜を形成し、その後シリコン酸化膜11を100～2000nm程度堆積させ、次いでアモルファスシリコン膜12をハードマスクとして用いる(図1)。

30

【0043】

なお、本実施例では、ハードマスクとして、シリコン酸化膜11及びアモルファスシリコン膜12の積層膜を用いたが、これに代えて、シリコン酸化膜11の単層膜、あるいはアモルファスシリコン膜12の単層膜を用いてもよい。また、シリコン基板に対する反応性イオンエッチング時においてエッチングされない、もしくはエッチング速度がシリコンのそれよりも遅い材料であれば、どのような材料を用いてもよい。さらに、他の組み合わせによる積層膜、例えばシリコン窒化膜を含んだものを用いてもよい。

【0044】

続いて、公知のフォトリソグラフィ技術により、円形状に覆うようパターンニングされたレジスト(ドットパターン)14をマスクとして用いて(図2)、反応性イオンエッチングによりアモルファスシリコン膜12及びシリコン酸化膜11を順次エッチングし、ハードマスクを円形状にパターンニングする(図3)。

40

【0045】

なお、レジスト14は、円形状又は楕円形状にパターンニングしてもよいし、対称性のある多角形、例えば正八角形や正方形、長方形などでもよいが、シリコンエッチング時に、より浅いエッチング深さで(100)面を出現させる目的のためには、円形が望ましい。

【0046】

続いて、アッシングにより、レジスト14を除去し、フッ化水素(HF)溶液による後処理を行った後、円形状にパターンニングしたハードマスク、すなわちシリコン酸化膜11及

50

びアモルファスシリコン膜12をマスクに用いて、反応性イオンエッチングによりシリコン基板10をエッチングする(図4(a))。

【0047】

シリコン基板10を異方性エッチングする際に使用するガスの一例としては、塩素ガス(Cl_2)、臭化水素ガス(HBr)及び酸素ガス(O_2)がある。

【0048】

シリコン基板10の異方性エッチングの深さがマスクの大きさに対して深くない場合には、形成されるシリコンピラーの形状は、マスクの形状に沿った形状、すなわち、円形状のマスクを用いた際は、図4(b)(図4(b)は図4(a)における $X1-X1'$ 断面図を表す。)に示すように円柱状になる。

10

【0049】

しかし、シリコン基板10の異方性エッチングの深さがマスクの大きさに対して充分深い場合(図5(a))、より具体的な一例を示すと、レジスト14が直径200nmの円形パターンの場合には、2000nm程度の異方性エッチングを行った際に、シリコンピラーの下部においては、図5(c)(図5(c)は図5(a)における $X2-X2'$ 断面図を表す。)に示すように円形パターンのハードマスクにもかかわらず角柱の形状を有するようになる。

【0050】

これは、反応性イオンエッチングによりシリコン基板をエッチングする際、反応性 Cl ラジカルがイオン衝撃の助けによりシリコン原子と結合し、蒸気圧の低い四塩化シリコン(SiCl_4)が生成されることでエッチングが進行する過程において、原子密度が最も大きい(100)面で上記反応過程が加速することが主原因として考えられる。

20

【0051】

すなわち、角柱状のシリコンピラーの各面は(100)面に配向しており、さらに角柱の角は(110)面に相当している。以上の過程により、特定の結晶方位に配向した面をもつシリコンピラーが形成される。

【0052】

以上により、特定の結晶方位に配向した面を有するシリコンピラーをずれなく自己整合的に得ることができる。

【0053】

続いて、この特定の結晶方位に配向した面を有するシリコンピラーを熱酸化膜形成時における面方位依存性評価に用いる際の具体的な一例を、図6~図8を参照して説明する。

30

【0054】

角柱状シリコンピラーには、必要に応じてシリコン酸化膜11及びアモルファスシリコン膜12を除去した(本実施例では除去した場合を示す。)後に熱酸化膜15を形成し(図6)、シリコン酸化膜16などでピラー間スペース領域に埋め込みを行った(図7)。その後、公知の化学機械研磨(CMP)技術により半導体基板上面から研磨を行い、ピラー側壁に形成させる熱酸化膜の断面を露呈させる(図8(a))。

【0055】

この状態で、例えば走査型電子顕微鏡(SEM)などにより、上面から角柱シリコンピラー断面の辺と角とを観測することによって、(100)面と(110)面上に形成されるシリコン酸化膜を同時にかつ容易に観測することができる(図8(b))。

40

【0056】

また、1つの角柱シリコンピラーについて少なくとも4つの辺と角とを有することから、統計的手法を用いたシリコン酸化膜の面方位依存性評価を行う際に、短時間で多くの標本を得ることができ、信頼性の高い測定結果を得ることができる。

【0057】

なお、図8(b)に示されるような、(100)面に配向した面により、ほぼ角柱状になった状態で面方位依存性評価に用いてもよいし、図8(c)に示されるような円柱状シリコンピラーの側面の一部に(100)面に配向した面を有する状態で面方位依存性評価に

50

用いてもよい。

【0058】

また、この反応性イオンエッチングにより特定の結晶方位に配向した面を有するシリコンピラーを、前述したアルカリ溶液による異方性エッチングにより形成した面方位基準パターンと同様に、精度よくシリコンウェハの結晶学的基準方位を決めるフォトマスクの位置合わせの基準として用いてもよい。

【0059】

シリコン基板上における特定の面方位基準パターンとしてシリコンピラーを用いた場合の一例を図9(a)~図9(c)に示す。

【0060】

まず、(100)面に配向した面を有するシリコンピラーを互いに離れた位置に2つ形成し、必要に応じて、上部をCMP技術により除去し、半導体上面から、該シリコンピラー側面に(100)面へ配向した面が確認できるようにする(図9(a))。

【0061】

続いて、正方形の窓と長方形の窓とを、先の2つのシリコンピラーと同じく、離れて有するレジスト19(図9(b))を、シリコンピラーの辺と各窓の辺とが平行になるように位置合わせを行うことにより、フォトマスクの位置合わせマーク線がシリコンウェハの真の<100>をさすようにする(図9(c))。

【0062】

このように、面方位基準パターンに反応性イオンエッチングにより形成したシリコンピラーを用いることによって、アルカリ溶液による素子分離工程時に同時に形成することが可能となり、工程数の削減が期待される。

【0063】

また、この特定の結晶方位に配向した面を有するシリコントレンチを構成してもよい。この具体的な製造例を、図10~図14を参照して説明する。

【0064】

基板面が(100)面であるシリコン基板10の表面に、必要に応じて、パッド酸化として11nm程度の熱酸化膜を形成し、その後、シリコン酸化膜を堆積させ、続いてアモルファスシリコン膜12を堆積させるまでは、先のシリコンピラーを形成する場合の実施例(図1~図5)と同じである。

【0065】

その後、シリコン基板10に対して円形状に開口するようパターニングされたレジスト17(ホールパターン)をマスクとして用い(図10)、先の場合と同様にハードマスクを加工し、アッシング及びフッ化水素(HF)溶液による後処理を行った(図11)。その後、反応性イオンエッチングにより、シリコン基板10に対しマスクの大きさに比べて充分深く異方性エッチングを行う。これにより、下部において、特定の結晶方位に配向した面をもつシリコントレンチが形成される(図12(a))。

【0066】

なお、図12(b)は、図12(a)におけるX4-X4'線に沿った断面図を示し、図12(c)及び図12(d)はそれぞれ、図12(a)におけるX5-X5'線に沿った断面図を示し、図12(c)は、配向している面が(100)面である場合を、図12(d)は、(110)面に配向している場合をそれぞれ示す。

【0067】

なお、反応性イオンエッチングにおいて、(110)面よりも(100)面のエッチングレートが速い場合には、エッチングが進むにつれて(100)が出現する。このように、面方位にあったエッチング条件を選択し、任意の面方位を出現させてもよい。

【0068】

以上のようなシリコントレンチに対し、例えばシリコン酸化膜18を必要に応じて複数回に分けて堆積させることで埋め込みを行い、必要に応じてシリコン酸化膜18のエッチバックを行うなどして平坦化を行った(図13)。その後、CMP技術により上部の円柱状

10

20

30

40

50

トレンチ領域を除去し、さらにシリコン酸化膜 16 を選択的に除去する。これによって、面方位が揃った角柱状シリコントレンチをずれなく自己整合的に得ることが実現される（図 14 (a)）。

【0069】

角柱状シリコントレンチの側面が配向している面方位が (100) 面である場合（図 14 (b)）には、基板面が (100) 面であるシリコン基板に対して形成されるトレンチの底面も基板面と同様に (100) 面である。このことから、トレンチの内面すべてが (100) 面になり、特殊な位置合わせを行うことなく、トレンチの内面をすべて自己整合で (100) 面に揃えることができる。

【0070】

例えば、上述した技術をトレンチ型の縦型パワー MOSFET に適用した場合は、面方位を揃えることによりシリコントレンチ内に形成するゲート酸化膜厚を均一にさせ、絶縁耐量低下領域が除外された高性能なデバイスを複雑な位置合わせを行うことなく、正確にかつ容易に作製することが可能になる。

【0071】

また、酸化速度が最も遅い (100) 面を用いることで、酸化膜形成時における制御性を向上させることができる。

【0072】

なお、シリコン酸化膜 16 及び 18 は、多結晶シリコン膜又はシリコン窒化膜でもよく、ピラー間スペース領域やトレンチの埋め込みを行うことができる材料であれば、限定されない

【0073】。

なお、特定の結晶方位に配向した面を有するシリコンピラー及びシリコントレンチを面方位依存性評価にもしくはデバイスとして用いる場合、一度、犠牲酸化し、形成される犠牲酸化膜を除去した後に用いてもよい。

【0074】

なお、本実施例では、角柱状シリコンピラーを熱酸化膜形成時における面方位依存性評価及び面方位基準パターンに用いた場合や角柱状シリコントレンチをデバイスに応用した場合をそれぞれ示した。

【0075】

しかし、角柱状シリコンピラーをそのままデバイスに応用してもよいし、角柱状シリコントレンチを熱酸化膜形成時における面方位依存性評価及び面方位基準パターンに用いてもよい。これらは、特定の結晶方位に配向した面をシリコンの面方位依存性評価及び面方位依存性を応用したデバイスに適用させた一例に過ぎない。

【0076】

本実施例ではシリコン基板 10 はオリエンテーションフラットを有するものを用いているが、ノッチを備えたシリコン基板を用いてもよい。

【0077】

なお、シリコン基板 10 は、不純物拡散層を有するものでもよく、また、エピタキシャル成長したシリコン膜を有するものでもよい。

【0078】

本実施例では、シリコンに対して説明したが、シリコンと同じ結晶構造、すなわちダイヤモンド型構造を有する材料、例えばゲルマニウムやダイヤモンド薄膜などに対しても適用することができる。

【0079】

【発明の効果】

本発明によれば、基板面の面方位が (100) である一導電型の半導体基板上にハードマスクを形成して、該ハードマスクをマスクとして行った異方性エッチングにより、ピラーもしくはトレンチを形成した際に、下部に出現する特定の結晶方位に配向した面である (100) 面の少なくとも一部を半導体基板の面方位依存性評価に用いることで、同一ウ

10

20

30

40

50

エハ－上で少なくとも一種類以上の面方位依存性を同時にかつ容易に評価することができ、また、高い精度の測定結果が期待される。

【 0 0 8 0 】

また、基板面の面方位が (1 0 0) である一導電型の半導体基板の上にハードマスクを形成して、該ハードマスクをマスクとして行った異方性エッチングにより、ピラーもしくはトレンチを形成した際に、下部に出現する特定の結晶方位に配向した面である (1 0 0) 面の少なくとも一部を半導体基板に用いることで、例えば面方位が完全に一致した柱状トレンチを容易に作成することができ、面方位を合わせ込む手間の削減、さらには信頼性の向上が期待される。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の実施例に係る製造工程例を示す断面工程図である。

【 図 2 】 本発明の実施例に係る製造工程例を示す断面工程図である。

【 図 3 】 本発明の実施例に係る製造工程例を示す断面工程図である。

【 図 4 】 (a) は、本発明の実施例に係る製造工程例を示す断面工程図、(b) は、図 4 (a) の X 1 - X 1 ' 線に沿った断面工程図である。

【 図 5 】 (a) は、本発明の実施例に係る製造工程例を示す断面工程図、(b) は、図 5 (a) の X 1 - X 1 ' 線に沿った断面工程図、(c) は、図 5 (a) の X 2 - X 2 ' 線に沿った断面工程図である。

【 図 6 】 本発明の実施例に係る製造工程例を示す断面工程図である。

【 図 7 】 本発明の実施例に係る製造工程例を示す断面工程図である。

【 図 8 】 (a) は、本発明の実施例に係る製造工程例を示す断面工程図、(b) は、図 8 (a) の X 3 - X 3 ' 線に沿った断面工程図、(c) は、図 8 (a) の X 2 - X 2 ' 線に沿った断面工程図である。

【 図 9 】 本発明の実施例に係るシリコンウェハ－とフォトマスクとの位置合わせ方法を説明する説明図である。

【 図 1 0 】 本発明の実施例に係る製造工程例を示す断面工程図である。

【 図 1 1 】 本発明の実施例に係る製造工程例を示す断面工程図である。

【 図 1 2 】 (a) は、本発明の実施例に係る製造工程例を示す断面工程図、(b) は、図 1 2 (a) の X 4 - X 4 ' 線に沿った断面工程図、(c) は、図 1 2 (a) の X 5 - X 5 ' 線に沿った断面工程図、(d) は、図 1 2 (a) の X 5 - X 5 ' 線に沿った断面工程図である。

【 図 1 3 】 本発明の実施例に係る製造工程例を示す断面工程図である。

【 図 1 4 】 (a) は、本発明の実施例に係る製造工程例を示す断面工程図、(b) は、図 1 4 (a) の X 6 - X 6 ' 線に沿った断面工程図である。

【 図 1 5 】 本発明の実施例に係る製造用いる半導体基板の平面図である。

【 図 1 6 】 従来例の半導体装置の構造を示す断面図である。

【 図 1 7 】 従来例のシリコンウェハ－とフォトマスクとの位置合わせ方法を説明する図である。

【 符号の説明 】

1 0 シリコン基板 (半導体基板)

1 1 シリコン酸化膜

1 2 アモルファスシリコン膜

1 4 レジスト

1 5 シリコン酸化膜 (熱酸化膜)

1 6 シリコン酸化膜

1 7 レジスト

1 8 シリコン酸化膜

1 9 レジスト

2 0 オリエンテーションフラット面

C P シリコンピラーもしくはシリコントレンチを形成する領域

10

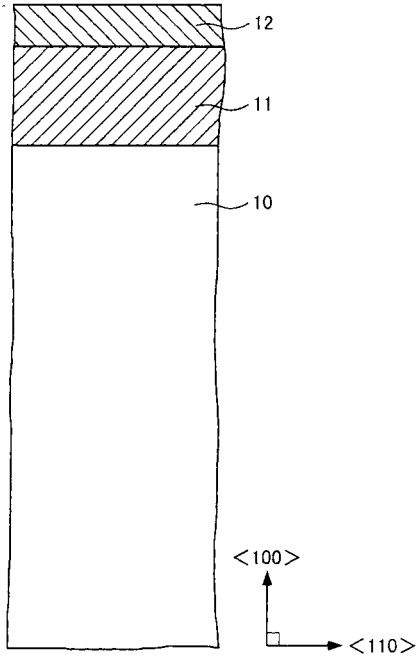
20

30

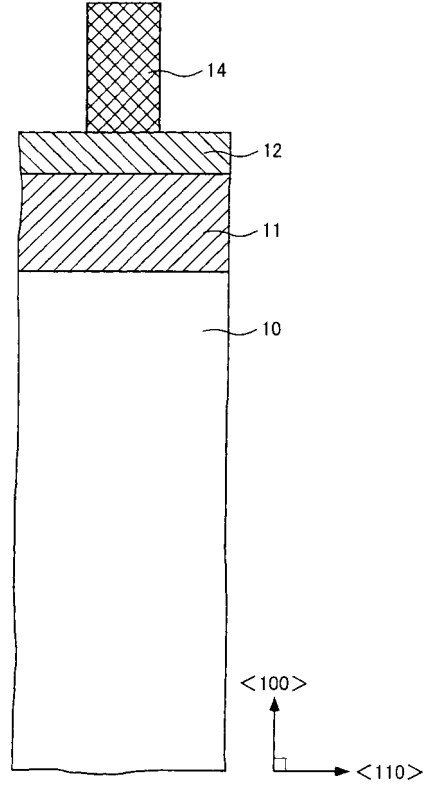
40

50

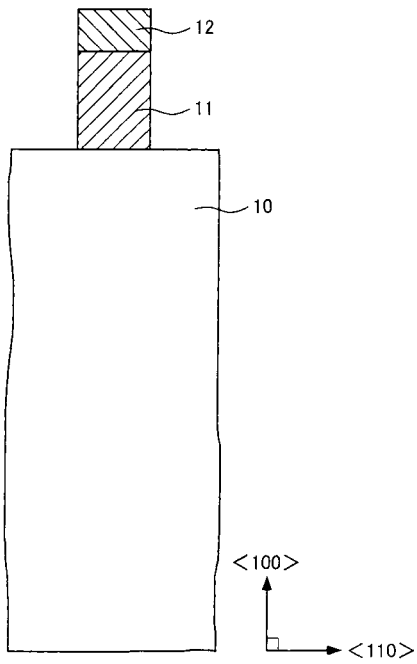
【 図 1 】



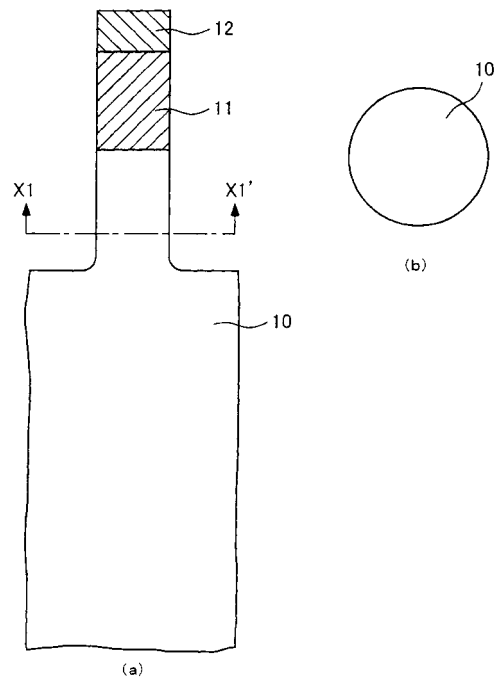
【 図 2 】



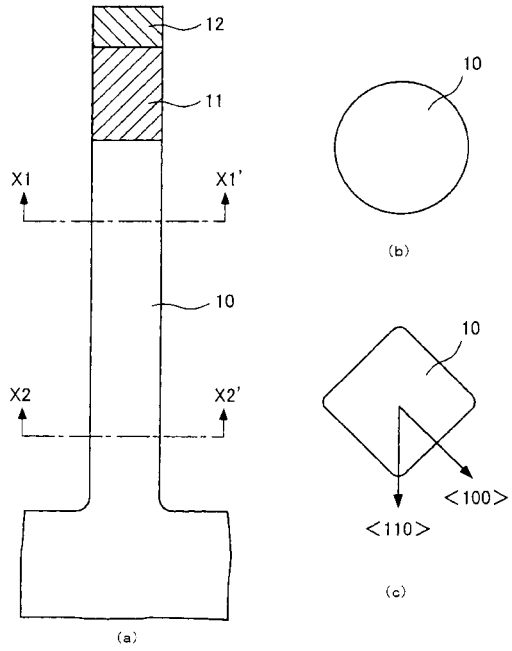
【 図 3 】



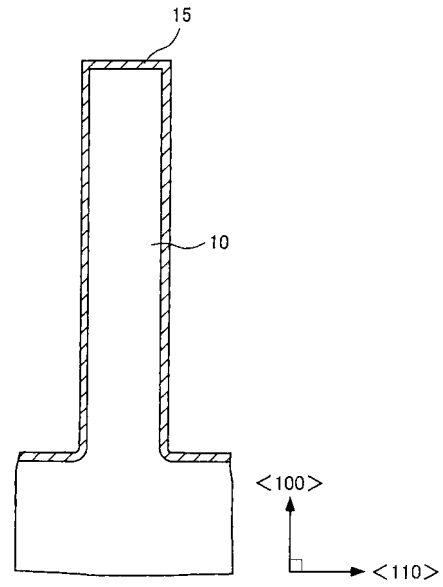
【 図 4 】



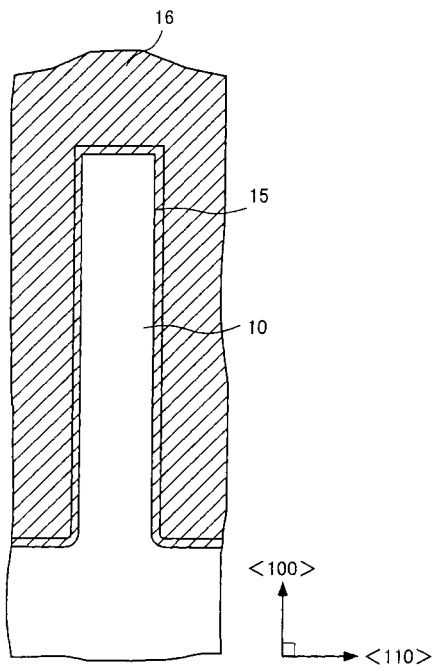
【 図 5 】



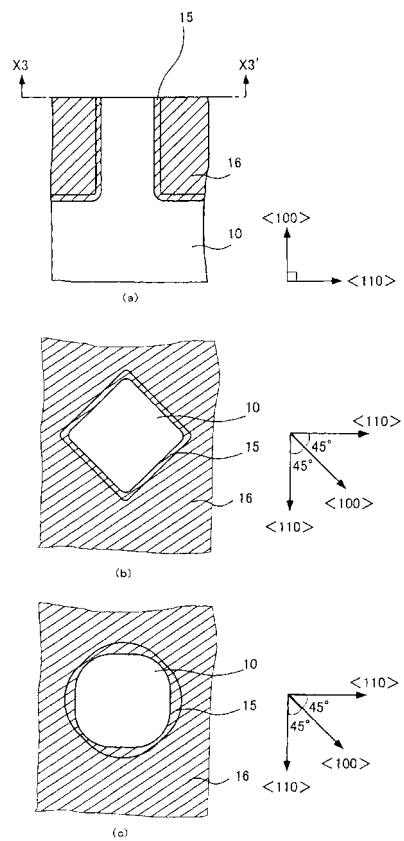
【 図 6 】



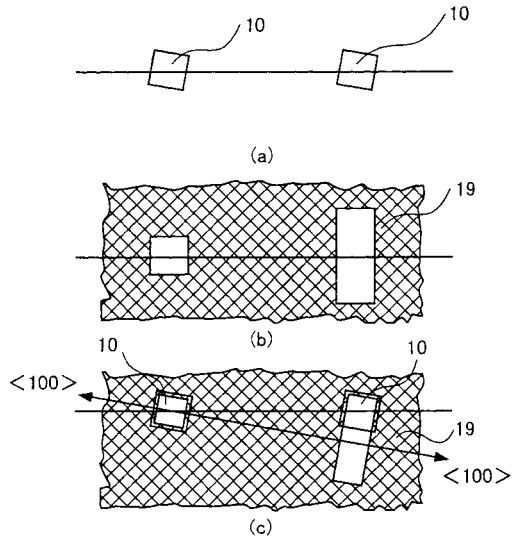
【 図 7 】



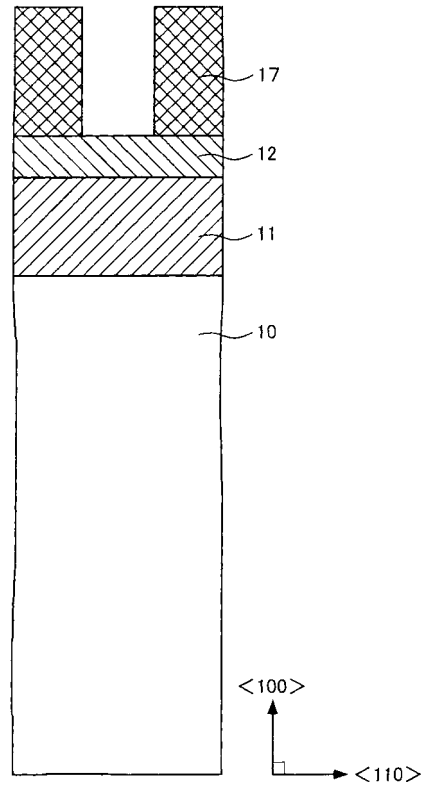
【 図 8 】



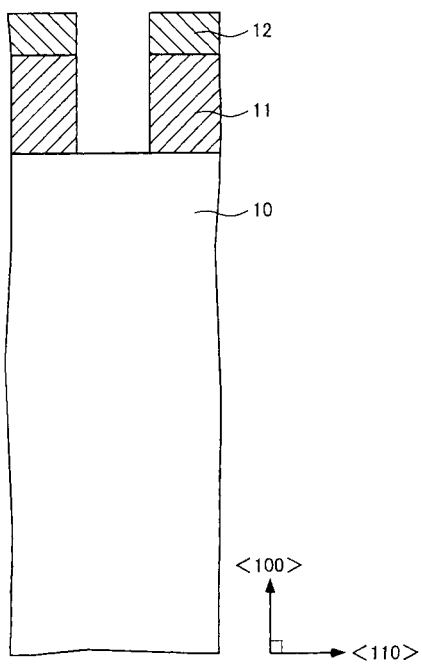
【 図 9 】



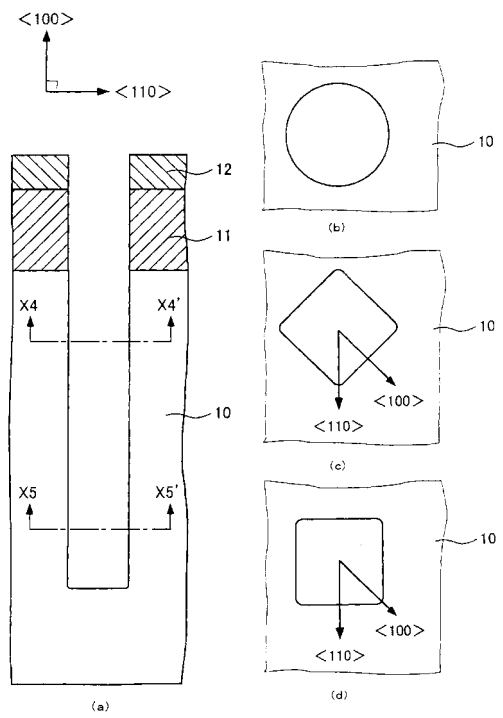
【 図 10 】



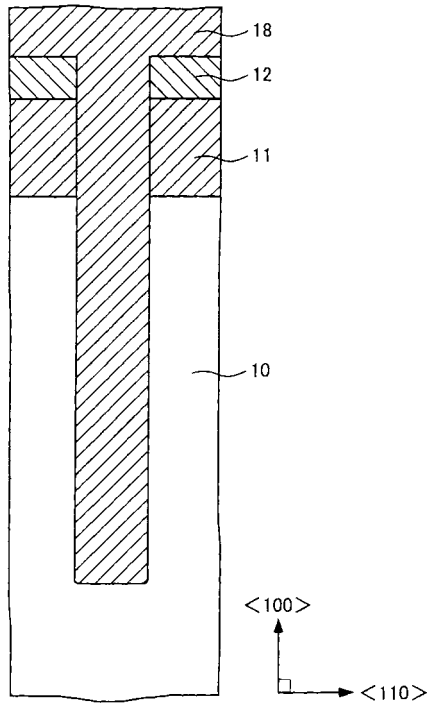
【 図 11 】



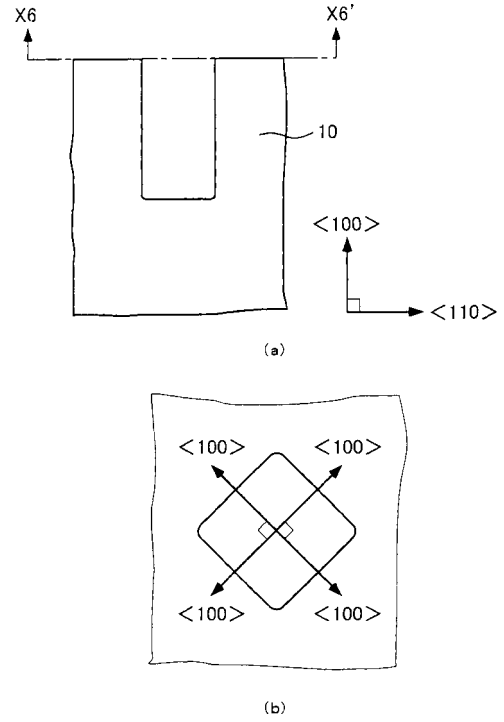
【 図 12 】



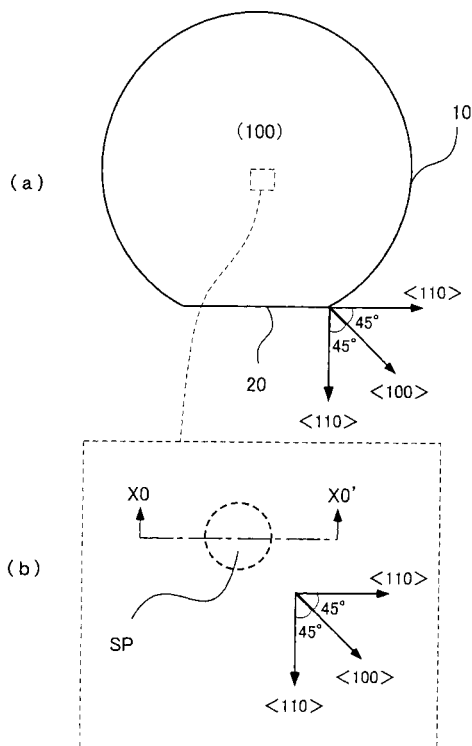
【 図 1 3 】



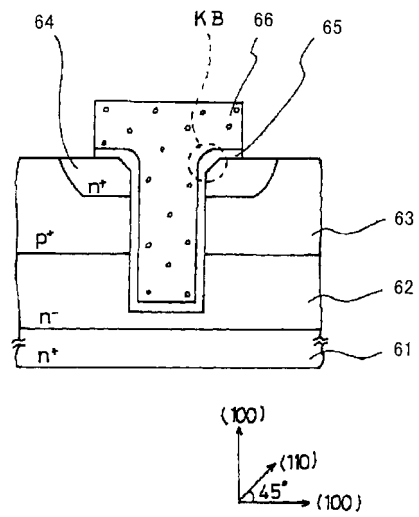
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】

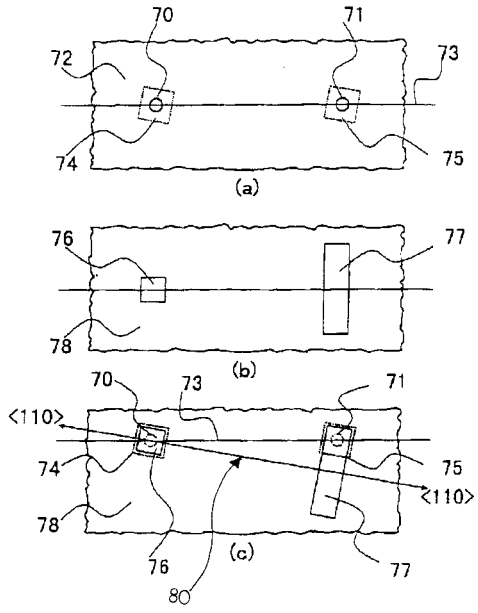


【 図 1 6 】



- 61: 半導体基板
- 62: ドレイン層
- 63: チャネル層
- 64: ソース領域
- 65: ゲート絶縁膜
- 66: ゲート電極
- KB: 角部

【 図 17 】



フロントページの続き

- (72)発明者 竹内 昇
大阪府大阪市阿倍野区长池町2番2号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 谷上 拓司
大阪府大阪市阿倍野区长池町2番2号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 横山 敬
大阪府大阪市阿倍野区长池町2番2号 シャープ株式会社内

審査官 菅野 智子

- (56)参考文献 特開昭62-052441(JP,A)
特開平11-162935(JP,A)
特開平01-287470(JP,A)
特開平07-134394(JP,A)
特開平06-053543(JP,A)
特開2001-093836(JP,A)
特開平08-167586(JP,A)
特開平08-130230(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/66
H01L 21/3065
H01L 21/306
H01L 21/31
H01L 21/302
H01L 21/308